

# Método de Simulación de Monte Carlo Aplicado en la Eliminatoria Sudamericana al Mundial Brasil 2014

## Monte Carlo's Simulation Method Applied to South American Qualifying Competition for Brazil World Cup 2014

**Medardo González\***  
**Margarita Acuña,**  
**Steven Ahumada,**  
**Jéssica Arza,**  
**Yesid Ávila,**  
**Samir Fontanilla,**  
**María Giraldo,**  
**Giovanni Herrera,**  
**Carolina Merchán,**  
**Jorge Pedroza,**  
**Soranyis Posada,**  
**María Romero\*\***

### RESUMEN

En la actualidad, se vive una época que contagia a todo el mundo de vivir la experiencia de ver participar a la selección de fútbol de su país en el Mundial de Brasil 2014. Esta situación abarca la probabilidad de clasificación de las selecciones sudamericanas a este importante evento de talla mundial. Para recrear este fenómeno se determinó utilizar el método de simulación de Monte Carlo (MC), que permite obtener soluciones de problemas matemáticos o físicos por medio de pruebas aleatorias.

Con la implementación del método de simulación MC en las eliminatorias al Mundial 2014, se determinan las diferentes probabilidades que tienen las selecciones sudamericanas participantes en el certamen, de obtener un cupo directo rumbo a Brasil, tomando como referencia las últimas dos fechas de este evento, recreándolo  $n$ -ésima veces acercándolo a la realidad.

Del análisis de las probabilidades de clasificación de las selecciones de Uruguay, Ecuador y Venezuela, y bajo el marco referencial del cuerpo de conocimiento de este tipo de simulación, quiere aportar se muestra una técnica cuantitativa que facilita la proyección de las tres opciones que tienen estos equipos (Clasificación directa, Repechaje o Eliminación).

**Palabras clave:** Simulación de Monte Carlo, Probabilidad de clasificación, Análisis estadístico, Muestras aleatorias.

### ABSTRACT

We are living in a time in which individuals around the world are excited about watching their national teams participating in Brazil World Cup 2014. This situation covers up the probability of South American National teams to classify to this major worldwide event. To recreate this scenario, it was decided to use Monte Carlo's simulation method (MC) which allows obtaining solutions for mathematical problems or physical problems through random testing.

By implementing the MC simulation method in the qualifying round for the 2014 World Cup, it is possible to determine the different probabilities that different teams have for qualifying directly to this event taking as a reference the results of the last two matches of this events, recreating  $n$  th times as a result closer to the reality.

From the analysis of the qualifying probabilities of the National Teams of Uruguay, Ecuador y Venezuela and under the theoretical background this kind of simulation tries to contribute, it is showed a quantitative technique that facilitates the projection of the three options for this teams (i.e. Qualifying directly, inter-confederational play-offs or Elimination).

**Key words:** Monte Carlo's Simulation, Qualification probability, Statistical analysis, Random samples.

\* Universidad Libre. Ing. Industrial, Esp. Administración Financiera, Esp. Gestión Industrial, Magister en Administración de Empresas MBA. [mgonzalez@unilibrebaq.edu.co](mailto:mgonzalez@unilibrebaq.edu.co)

\*\* Estudiantes pertenecientes al Semillero de Investigación AEIOU, Universidad Libre.

## 1. INTRODUCCIÓN

La importancia de este artículo radica en mostrar la aplicación del método de simulación de Monte Carlo en la probabilidad de clasificación de las diferentes selecciones participantes en las eliminatorias sudamericanas al Mundial de Brasil 2014 en las dos últimas fechas, generando a su vez la clasificación de forma directa.

A través de la implementación de esta técnica basada en el método de Monte Carlo, se pretende simular la probabilidad de clasificación de cuatro selecciones de forma directa y una selección a zona de repechaje, a solo dos fechas de concluir las eliminatorias sudamericanas, sin tener en cuenta la cantidad de goles a favor y en contra obtenidos. La metodología a seguir consiste en la recolección de datos de los puntos que han obtenido las diferentes selecciones participantes, para posteriormente, aplicarle el análisis de aleatoriedad, bajo el lineamiento de la simulación MC en la que se pretende dar respuesta a la probabilidad de clasificación de las distintas selecciones participantes.

La simulación de Monte Carlo es una técnica cuantitativa que hace uso de la estadística y los ordenadores para emitir, mediante modelos matemáticos, el comportamiento aleatorio de sistemas reales no dinámicos. La simulación MC consiste en crear un modelo matemático del sistema, proceso o actividad que se quiere analizar, identificando aquellas variables cuyo comportamiento aleatorio determina el comportamiento global del sistema [1 - 3].

Por lo tanto, la clase de análisis de aleatoriedad sobre esta situación de interés común, permite predecir el resultado de la zona de clasificación directa, zona de repechaje y zona de eliminación, del segmento de selecciones utilizadas para esta simulación (Uruguay, Ecuador y Venezuela).

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cómo mejorar la puntuación de cada equipo y lograr que uno de ellos pueda llegar al Mundial Brasil 2014? Para equipos como Uruguay, Ecuador y Venezuela, los cuales son equipos que están en la posibilidad de clasificar de manera directa y fueron tomados como muestra para determinar la posibilidad de clasificar, estos se escogieron como referencia de estudio, de esta manera se analiza si con los puntos que restan por jugarse más los puntos con los que contaban son suficientes para clasificar de forma directa o participar en el repechaje.

Es muy importante tener en cuenta que para obtener una mayor puntuación y llegar al Mundial Brasil 2014 se debe contar con unas estrategias adecuadas que ayuden a la realización de los objetivos requeridos.

La implementación del método de Monte Carlo ayudó a determinar cuál era la probabilidad de que es-

tos equipos participaran en el Mundial, de acuerdo a ello se observó que tanto Uruguay como Ecuador presentaban una probabilidad similar tanto para clasificar de forma directa o jugar el partido de repechaje pero con una pequeña probabilidad de quedar eliminada; de igual forma Venezuela cuenta con una mínima probabilidad de jugar el partido de repechaje.

De acuerdo a esto utilizamos la simulación como medio esencial para ver desde un panorama más amplio cuál es la probabilidad de que estos equipos participen o no en el Mundial y visionar el futuro de cada uno de ellos.

### **3. METODOLOGÍA**

A través del método Monte Carlo se realiza la simulación de las eliminatorias sudamericanas para el Mundial de Brasil 2014, con el objetivo de estimar la probabilidad de clasificación o no clasificación de las diferentes selecciones participantes (Uruguay, Ecuador y Venezuela) y la probabilidad de que estas entren o no a zona de repechaje, en el momento de ingresar los datos obtenidos a lo largo de la eliminatorias.

En primera instancia se realizó la búsqueda y recolección visual de datos a través de medios digitales, analizando la situación actual de cada selección en la tabla de posiciones, por medio de la sumatoria de los puntos obtenidos hasta la fecha, así como también los próximos encuentros a disputar, teniendo en cuenta la probabilidad de que cada selección gane, empate o pierda, que son los tres únicos eventos posibles de ocurrencia, generando en cada encuentro un tercio ( $1/3$ ) de probabilidades de ocurrir.

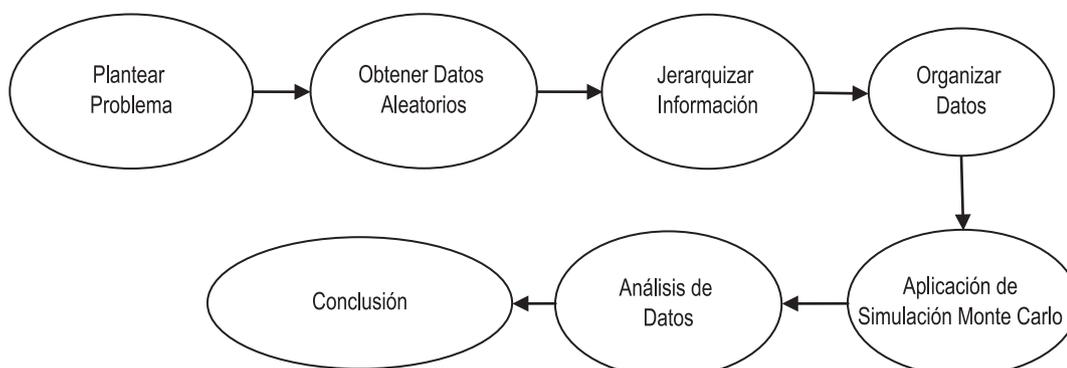
Posteriormente se obtuvieron resultados de forma aleatoria para cada selección, acumulando los puntos reales conseguidos hasta la fecha con los posibles puntos que logren en sus próximos partidos y se dio un grado de jerarquía, teniendo en cuenta su ubicación en la tabla de posiciones y no de la cantidad de goles a favor y en contra.

Seguidamente se organizan las posiciones de las selecciones de mayor a menor puntaje obtenido. Luego se procede a contar las veces que cada equipo ocupa en las diferentes posiciones en la tabla y se divide entre el número de veces que se realizó la corrida dándonos la probabilidad que tiene cada selección de ocupar la primera, segunda, tercera o la posición que se necesite saber.

Esta metodología fue realizada bajo el modelo de la página siguiente (Figura 1).

### **4. MARCO CONCEPTUAL**

Para la simulación de las eliminatorias del Mundial Brasil 2014 de las selecciones sudamericanas, se tuvieron en cuenta las tres únicas opciones probables en suceder: ganar, empatar o perder.



**Figura 1. Metodología implementada en el modelo de simulación de Monte Carlo para determinar la clasificación de los equipos sudamericanos al Mundial de Brasil**

Fuente: Elaboración de los autores (2013)

Matemáticamente, cada una de las tres opciones tiene un tercio ( $1/3$ ) (Ver Tabla 2) de probabilidad de ocurrencia; en la investigación que se realiza, se toma en cuenta la sumatoria de los puntos obtenidos de cada selección hasta la fecha, por los que se obtiene una serie de resultados.

Según los datos presentados en la Tabla 1, se obtuvo la puntuación total que cada selección puede

**Tabla 1. Matriz de enfrentamientos entre equipos y puntuación (aleatoria) simulada dentro del proceso**

Selecciones	Total	Artificio	Acu	Arg	Col	Chi	Ecu	Uru	Ven	Per	Bol	Par
Argentina	35	0,00001	29					3		3		
Colombia	29	0,00002	26			3						0
Chile	25	0,00003	24		0		1					
<b>Ecuador</b>	<b>26</b>	<b>0,00004</b>	<b>22</b>			1		3				
<b>Uruguay</b>	<b>22</b>	<b>0,00005</b>	<b>22</b>	0			0					
<b>Venezuela</b>	<b>22</b>	<b>0,00006</b>	<b>19</b>									3
Perú	17	0,00007	14	0							3	
Bolivia	11	0,00008	11							0		
Paraguay	14	0,00009	11		3				0			

Fuente: Elaboración de los autores (2013)

**Tabla 2. Matriz de puntuación que puede obtener un equipo en los dos partidos restantes**

Lim. Inf.	Lim. Sup.	Puntos	Evento
0	0,333333	3	Ganar
0,333333	0,666667	1	Empatar
0,666667	1	0	Perder

Fuente: Elaboración de los autores (2013)

conseguir según las tres probabilidades de ocurrencia aleatoriamente, y se generó un grado de jerarquía, logrando así que en la sumatoria total ninguna selección tenga valores iguales en puntos. Si esto llegase a suceder, deberá tenerse en cuenta un artificio en centésimas para evitar precisamente de que se ocupe una misma casilla.

Por otra parte para hacer más real la probabilidad de clasificación de Venezuela se debe romper la jerarquía contra Uruguay, mediante este método se cambiará en la columna de jerarquía el valor de Venezuela por el de Uruguay brindándole así la posibilidad de ganarle la posición a Uruguay cuando empaten en punto.

Para hallar la probabilidad se utilizó la herramienta de datos de Excel “Análisis y Si” seleccionando la opción “Tabla de datos”, [4 - 5] con el objeto de contar las veces que cada equipo consiga cada posición, es decir, las veces en que Ecuador, Venezuela y Uruguay podrían quedar en primer, segundo lugar y así sucesivamente hasta repechaje o no clasifique. A partir de esto se obtuvieron los siguientes resultados (Resultados obtenidos considerando las posiciones actuales al 25/09/13, a dos fechas de terminar la eliminatoria).

**Tabla 3. Organización jerárquica de los equipos según su puntuación de acuerdo a la matriz de enfrentamiento Tabla 1 (aleatoria)**

Posiciones	Equipos	Puntuación
1	Argentina	35
2	Colombia	29
3	Ecuador	26
4	Chile	25
5	Uruguay	22
6	Venezuela	22
7	Perú	17
8	Paraguay	14
9	Bolivia	11

Fuente: Elaboración de los autores (2013)

## 5. RESULTADOS

La Tabla 4 describe el perfil de probabilidades de clasificación de cada país al Campeonato Mundial de Fútbol que se realizará en Brasil 2014, considerando las zonas de clasificación directa, repechaje y eliminación. Tomando como referencia al país de Uruguay se obtuvieron las siguientes probabilidades: 0 %, 2,22 %; 14,93 %; 27,45 % de clasificar en forma directa en las posiciones 1, 2, 3 y 4 respectivamente. De igual manera se obtuvo una probabilidad de 52,86 % de clasificar en zona de repechaje y la probabilidad de quedar eliminado de 2,54 %. La anterior interpretación debe utilizarse para analizar el perfil de probabilidades del país de su interés.

**Tabla 4. Consolidado de probabilidades de clasificación a la eliminatoria al Mundial de Brasil 2014 por países**

Zonas de Clasificación	Posición Final	Argentina	Colombia	Chile	Ecuador	Uruguay	Venezuela	Perú	Paraguay	Bolivia
Zona de clasificación	1	89,17 %	9,57 %	1,26 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	2	10,73 %	60,91 %	22,50 %	0 %	2,22 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	3	0,10 %	25,15 %	34,78 %	42,25 %	14,93 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	4	0 %	4,36 %	28,87 %	21,25 %	27,45 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Zona de repechaje	5	0 %	0,01 %	12,59 %	36,50 %	52,86 %	3,12 %	0 %	0 %	0 %
Zona de eliminación	6	0 %	0 %	0 %	0 %	2,54 %	89,41 %	7,47 %	0 %	0 %
	7	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	7,47 %	76,71 %	10,33 %	5,49 %
	8	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	12,01 %	54,10 %	33,90 %
	9	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	3,82 %	35,57 %	60,61 %
Prob. Clasif. Directa		100,00 %	99,99 %	87,41 %	63,50 %	44,60 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Prob. Repechaje		0 %	0,01 %	12,59 %	36,5 %	52,86 %	3 %	0 %	0 %	0 %
Prob. de Eliminación		0 %	0 %	0 %	0 %	2,54 %	97 %	100 %	100 %	100 %

Fuente: Elaboración de los autores (2013)

### 5.1. Estructura lógica detallada

A través de Microsoft Excel por el método de Monte Carlo se realiza la simulación de la eliminatoria para el Mundial Brasil 2014 de los equipos sudamericanos con el objetivo de estimar la probabilidad de que clasifiquen o de que vayan a repechaje en el momento de ingresar datos suministrados a lo largo de la eliminatoria, lo que normalmente suele estar solo supeditada a la observación visual de las destrezas y de los realizadores a la revisión de los datos esperados.

Este programa consiste en hacer el estudio de los nueve países sudamericanos que participan para el Mundial de Brasil 2014 de sus próximos juegos.

1. La fecha actual de las eliminatorias se encuentra de esta forma: Argentina tiene hasta la fecha 29 puntos acumulados, el siguiente equipo que está detrás es Colombia con 26 puntos, le sigue Chile con 24 puntos, Ecuador con 22 puntos, Uruguay con 22 puntos, Venezuela con 19 puntos, Perú con 14 puntos, Bolivia con 11 puntos al igual que Paraguay.
2. Se considera que los tres únicos resultados que se pueden dar entre los partidos son ganar (3 puntos) empatar (1 punto) o perder (0 puntos) y que todos tienen la misma probabilidad de suceder, es decir, un tercio (1/3).
3. Se procede a realizar dos matrices, la primera es de 3x3 donde indicarán los límites y los puntajes que alcanza el equipo al caer dentro de cada límite, es decir para el equipo que gane tiene un límite entre [0 (cero) y 0,3333 (1/3)] y obtendrá tres puntos, el equipo que empate tiene un límite de probabilidad entre [0,333 y 0,66667] obteniendo un punto, el equipo que pierda tiene un límite de [0,66667 y 1] obteniendo 0 (cero) puntos.

4. Se desarrolla una segunda matriz de 9x9 que son los nueve equipos que juegan para Sudamérica en el Mundial de Fútbol vs. equipos con los que podría jugar, se colocan la columna1 y la fila1 según el orden real hasta la fecha, en esta matriz se colocan los próximos juegos a realizar.
5. En la casilla donde se cruzan el equipo X con el equipo que debe jugar la próxima fecha equipo Y, debemos incluir un comando específico. Ejemplo: Argentina su próximo juego es con Uruguay, donde en esta celda que coincide este partido se coloca el comando =BuscarV(Aleatorio(), Matriz1; columna de puntos), lo que realiza este comando es generar un número aleatorio entre 0 y 1 donde posteriormente buscará este número generado en la primera matriz1 y sucesivamente encontrar en qué límite se encuentra ese valor hallado y coloca el valor que le corresponde a ese límite.
6. Debido a que estos dos equipos al jugar cumplen cada uno una fecha debemos ir a la casilla donde se cruza el equipo (Y) con el equipo (X), en esta casilla incluimos un condicional para que me indique el resultado complementario de la anterior casilla (pero viéndolo desde el equipo y) si Argentina gana con Uruguay tiene que salir 3 puntos en la primera celda y la segunda celda Uruguay vs. Argentina 0 (cero) puntos, esto se realiza a través del comando condicional de =Si(celda1=0;3,celda1=1;1;0), así sucesivamente se debe repetir la lógica con el resto de los partidos que faltan por jugar hasta completar la matriz2.
7. Al obtener todos estos resultados de forma aleatoria para los próximos juegos se procede hacer la suma total para cada equipo, los puntos reales (columna1) obtenidos hasta la fecha con los posibles puntos que obtienen en sus próximos partidos, en esta sumatoria Total (columna2).
8. Debemos diseñar una nueva columna, la cual llamaremos columna 3 (o jerarquía) donde se tome en cuenta con un valor decimal muy pequeño el grado de jerarquía según las posiciones antes de empezar a jugar estas dos fechas.
9. Los valores de la columna3 los sumamos al puntaje total de los equipos correspondientes logrando así que en la sumatoria total ningún equipo tenga valores iguales porque en la realidad tampoco sucede que los equipos queden empatados, ya que si en puntos están iguales se toman en cuenta los goles a favor y en última instancia los goles en contra de cada equipo.
10. Ahora comienza lo más significativo de todo esto, ya que aquí está la clave para la simulación, se coloca una Matriz3 de 9x3, donde se encuentra en la primera columna4 el número de la posición de forma ordenada, en la segunda columna5 se coloca el nombre de cada equipo que ocupó esa posición y la tercera columna6 los puntos obtenidos por cada equipo, es decir, en esta matriz3 veremos de forma ordenada cómo quedarían los equipos para la final del Sudamericano.
11. La columna6 donde se ordene de mayor a menor los puntos totales obtenidos por cada equipo, esto se realiza a través del comando K.esimo.Mayor, este comando tiene como función tomar el mayor de todos los puntos y colocarlo en la posición que le indique K, que para este caso sería en la primera posición y así sucesivamente con el resto de los puntos.
12. La columna5 se realiza a través de dos comandos Índice y Coincidir donde el índice tiene como función colocar según la matriz que le indique el valor o nombre de la celda y por otro lado, la función del comando Coincidir debe colocar el nombre de la celda que coincide con nombre o número de la celda que seleccione, en este caso se coloca =índice(columna1"inicial"; coincidir (la primera

celda de la columna6; columna2 total;0) se coloca cero al final porque es el comando de Coincidir exactamente.

13. Hasta el momento tendríamos la respuesta de cómo quedaría organizada la tabla de posiciones para el final del Sudamericano Brasil 2014, pero esto no sería suficiente ya que este proceso sería para la primera corrida del programa y de aquí no podríamos hallar la probabilidades para diferentes corridas.
14. Se procede a contar las veces que cada equipo consiga cada posición, es decir, cuántas veces el equipo a evaluar queda de primero, segundo y así sucesivamente hasta repechaje o no clasifique, este paso se procede a hacer por medio del comando de Análisis de Datos que se encuentra en la ventana de datos, allí se selecciona tabla de datos, para ello no se coloca nada en la celda de la fila y en la celda de columna se selecciona una celda que se encuentre vacía para engañar al comando, esto tendría como función guardar en cada celda el valor, que en este caso es la posición del equipo e ir llenando el resto de la columna según el orden en que vayan apareciendo, esto se realiza por equipo colocando dos columnas, donde la columna7 indica el número de corridas y la columna8 indica la posición que quedó y así se realiza con el resto de los equipos hay que hacer referencia que esto se realiza para cada equipo; para este caso utilizamos una corrida de 1.000 datos.
15. Finalmente se procede a hacer el conteo numérico de cuántas veces el equipo quedó de primero y se divide por el número de veces que se realizó la corrida y esto nos daría la probabilidad de quedar de primero (debe dar menos que uno por ser probabilidades), esto se efectúa a través del comando =Contar.Si, este comando va sumando segundo lo que la persona necesita saber cuántas veces ocurrió, esto se hace para todos los casos, es decir, cuando el equipo pueda quedar de primero, segundo, tercero, cuarto, repechaje que sería la quinta posición que todas estas serían las posibilidades de clasificar de algún modo, de no clasificar sería la resta de =1 menos la suma de todas las posibilidades anteriores. También hay que tener en cuenta que todas estas probabilidades se realizan para cada equipo.

## 6. CONCLUSIONES

Se implementó el **Método de Montecarlo**, aplicado al eliminatorio Brasil 2014 para determinar la probabilidad que poseen las selecciones de clasificar o no al Mundial, a través de un proceso de simulación utilizando números aleatorios, para conocer el comportamiento futuro, y tener una visión más clara de los posibles resultados obtenidos por cada combinado.

La simulación de Monte Carlo en la realidad tiene múltiples aplicaciones en situaciones comunes de la vida como en los negocios, las empresas, entre otros. En este caso se encuentra enfocado a la clasificación de los países sudamericanos al Mundial del próximo año.

Es importante contar con herramientas que ayudan a disminuir el grado de incertidumbre, ambigüedad

y variabilidad. Con el apoyo del método de Monte Carlo aplicado a las eliminatorias Brasil 2014, fue posible obtener todos los diferentes resultados de los partidos referentes a las dos próximas fechas, lo que permite alcanzar un panorama cercano a la clasificación de los países suramericanos, reduciendo el grado de incertidumbre que poseen las personas de que su selección clasifique o no a este importante evento.

Este tipo de laboratorios se hace con el fin de motivar a los estudiantes de Ingeniería, en especial a los interesados en aplicar la simulación, para estimularles a seguir explorando nuevas oportunidades en este campo. Además de ser útil e interesante para todas las personas amantes del fútbol, que quieran obtener una visión, es decir, conocer las probabilidades que tendrá su selección favorita de participar en el Mundial Brasil 2014.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Faulín y A. Juan, Simulación de Monte Carlo con Excel. Proyecto e-Math. Financiado por la Secretaría de Estado de Educación y Universidades (MECD).
- [2] J. Licesio y A. Rodríguez, marzo 2011, Simulación, Método de Montecarlo. [http://www.uclm.es/profesorado/licesio/Docencia/mcoi/Tema4\\_guion.pdf](http://www.uclm.es/profesorado/licesio/Docencia/mcoi/Tema4_guion.pdf)
- [3] Y. Grijalva (Compilador), Métodos cuantitativos para los negocios, Capítulo 8, 2009. <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r94434.PDF>
- [4] Video Excel Funciones Índice y Coincidir. <<http://www.youtube.com/watch?v=ZfbOwK4HVx4>>. [Con acceso el 30 de septiembre de 2013]
- [5] D. Cedeño & J. Materano, "Función Excel Coincidir". *Excellentias*. Fecha de publicación: 21 de febrero 2010. Fecha de consulta: 30 de septiembre de 2013. <http://www.excellentias.com/2010/02/funcion-excel-coincidir/>